



การประเมินต้นทุนและมูลค่าทางเศรษฐกิจในการเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยีและการลดการใช้สาร HFCs ให้เป็นไปตามการแก้ไขพิธีสารมอนทรีออล ณ กรุงคิกาลี ของประเทศไทย

(Economic Analysis & Impact Assessment of Thailand's HFCs Phasedown Strategy to comply with the Kigali Amendment of Montreal Protocol)

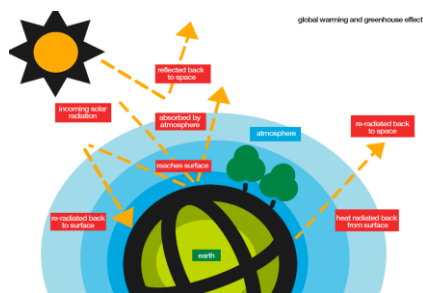
Ms. Rattanyu Dechjejaruwat
Economist, World Bank

ข้อเสนอกลยุทธ์การจัดการ HFC ของประเทศไทยให้เป็นที่ไปตามการแก้ไข ฌ กรุงคิกาลีของพิธีสารมอนทรีออล

(Proposed Options of Thailand's HFCs Phasedown Strategy to comply with the Kigali Amendment of Montreal Protocol)

Doing Nothing: Business-As-Usual (BAU) Scenario โดยให้อัตราการเติบโตเป็นไปเหมือนในอดีต

1



GWP-Based Scenario

มาตรการเลิกใช้สาร HFCs ที่มีค่าดัชนีโลกร้อนจากสูงไปหาต่ำ

2



Impact-Based Scenario

มาตรการลดและเลิกใช้สาร HFCs ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้สาร HFCs จากมากไปน้อย

3



Technology-Based Scenario

มาตรการลดและเลิกใช้สาร HFCs ในภาคอุตสาหกรรมที่มีความพร้อมของเทคโนโลยีทดแทนจากสูงไปต่ำ

กรอบการวิเคราะห์และสมมติฐานที่ใช้ในการประเมินต้นทุนและมูลค่าทางเศรษฐกิจ

(Framework of Analysis and Assumptions required for the Economic Analysis and Impact Assessment)

คำนวณทั้งการใช้
ในภาคการผลิต
และภาคบริการ
(both Manu &
Servicing Sector)

1. ต้นทุนจากส่วนต่างราคา
ของสารที่เปลี่ยนไป
(Cost of Changes in Refrigerants)

2. ต้นทุนจากการปรับเปลี่ยน
ไลน์การผลิต
(Cost of Changes in Production line)

3. ต้นทุนจากการจัดทำมาตรการ
ด้านความปลอดภัยที่เกี่ยวข้อง
(Cost of Associated Safety Measures)

คำนวณเฉพาะ
ภาคการผลิต
(only Manu
Sector)

- ❑ การแบ่งอัตราส่วนการใช้สาร HFCs (Manufacturing/Servicing Ratio) ที่ใช้สำหรับ
 - ภาคการผลิต (Manufacturing Sector) (คำนวณเป็นต่อกิโลกรัม)
 - ✓ Cost of Refrigerants ต้นทุนจากส่วนต่างราคาของสารที่เปลี่ยนไป
 - ✓ Cost of Production Line ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นในการปรับเปลี่ยนสายการผลิตเพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่
 - ✓ Cost of Safety Measures ต้นทุนที่เกี่ยวข้องสำหรับมาตรการด้านความปลอดภัยในภาคการผลิต
 - ภาคบริการ (Servicing Sector) (คำนวณเป็นต่อกิโลกรัม)
 - ✓ Cost of Refrigerants ต้นทุนจากส่วนต่างราคาของสารที่เปลี่ยนไป

❑ ต้นทุนจากส่วนต่างราคา (Cost of Refrigerants) คำนวณตามระดับอัตราการเติบโตและการใช้สารในแต่ละปีตามที่คาดการณ์/นำเสนอในแต่ละกรณีทางเลือก

- ❑ ราคาต่อเมตริกตันของสารเคมีแต่ละชนิด มาจาก
 - ข้อมูลจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม/การสอบถามเพิ่มเติม
 - การคำนวณราคาตามสัดส่วนในสารผสม และ
 - การประมาณการ 20% สูงขึ้นสำหรับสารทางเลือกในอนาคต

- ❑ การคำนวณต้นทุนการเงินและมูลค่าทางเศรษฐกิจ ประกอบด้วย
 - Discount Rate เพื่อสะท้อนต้นทุนจากการลดมูลค่าทางการเงินของรายได้/รายจ่ายที่เกิดขึ้นในอนาคต
 - Shadow Carbon Price คือ ราคาเงาของปริมาณคาร์บอนที่ลดได้จากการเปลี่ยนผ่านเทคโนโลยี

กรอบการวิเคราะห์และสมมติฐานที่ใช้ในการประเมินต้นทุนและมูลค่าทางเศรษฐกิจ

(Framework of Analysis and Assumptions required for the Economic Analysis and Impact Assessment)

Refrigerants	Price (\$/kg)	Remarks
HCFCs		
HCFC-22	2.80	Retail price
HCFC-141b	2.60	Retail price
HCFC-123	11.60	Retail price
HCFC-225	12.50	Retail price
HFCs		
HFC-23 (use)	30.00	Retail price
HFC-32	2.30	Retail price
HFC-125	4.20	Retail price
HFC-134a	3.40	Retail price
HFC-143a	4.26	Retail price
HFC-152a	4.30	Retail price
HFC-227ea	11.66	Retail price
HFC-236ea	10.00	
HFC-245fa	7.26	Retail price
HFC-365mfc	7.00	Retail price
HFC-43-10mee	50.00	
R-404A	5.70	Retail price
R-407C	5.00	Retail price
R-410A	4.40	Retail price
R-507A	5.70	Retail price
R-508B	4.20	Retail price

Refrigerants	Price (\$/kg)	Remarks
Alternatives		
Isobutane (HC-600a)	4.00	Retail price
Propane (HC-290)	4.00	Retail price
Cyclopentane	3.40	Retail price
Other alternatives (Optional):		
HFO-1234yf	100.00	Retail price
HFO-1336zd	54.00	Retail price
HFO-1336mzz (e)	54.00	Retail price
HFO-1234ze(E)	40.00	
R-116 (PFC)	50.00	Assume a high price
Blends		
R-407F	3.31	Estimate from composition
R-407H	3.16	Estimate from composition
R-415B	3.93	Estimate from composition
R-417A	3.79	Estimate from composition
R-448A	25.20	Estimate from composition
R-449A	27.77	Estimate from composition
R-452B	27.84	Estimate from composition
R-454A	65.81	Estimate from composition
R-454B	32.68	Estimate from composition
R-454C	78.99	Estimate from composition
R-463A	16.56	Estimate from composition
R-508A	42.20	Estimate from composition
R-513A	57.01	Estimate from composition
R-404A	4.20	Estimate from composition

Assumptions	Rate
Discount Rate	3%
Shadow carbon price - low	\$43*
Shadow carbon price - high	\$86*
Growth of shadow carbon price	2.25%

*From the WB Guidance Note on Shadow Price in Economic Analysis (THB 1,400-2,800)

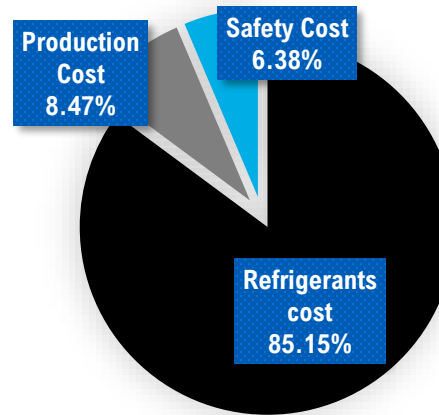
Sector	% Production (Sensitivity)	Cost of Production*	Cost of Safety*
Fire Suppression	60.00% 70.00%	0	0
Chillers	60.00% 70.00%	0	0
Commercial Refrigeration	60.00% 70.00%	13000	10000
Domestic Refrigeration	60.00% 70.00%	13000	10000
Split-Type A/C Units	60.00% 70.00%	9000	6000
Mobile Air-Conditioning	60.00% 70.00%	0	0
Solvent and Aerosol	60.00% 70.00%	0	0
Foam	60.00% 70.00%	0	0

Note: "0" means cost is minimal and not significant

1. GWP-Based Scenario

Controlled Period	Max. GWP of HFCs	Remark
2024 -2028	BAU	
2029 - 2034	2,100	Replace HFCs with GWP >2100 with 0 GWP HFCs; and for those with 2000 <GWP <2100 replace 30% with GWP =0
2035 - 2039	2,000	Replace HFCs with GWP >2000 with 0 GWP
2040 - 2044	1,000	Replace HFCs with GWP >1000 with 0 GWP
2045 Onwards	600	Replace 34% of the previous period of HFCs with GWP >600

GWP-Based Scenario



Total Cost of Implementation

US\$6.5 Million
(THB 213,593 Million)

Total Carbon Reduction

350.5 Million TonCO₂e

Total Carbon Shadow Cost Saving
(Times of total Cost of Changes)

1.25-2.50 times

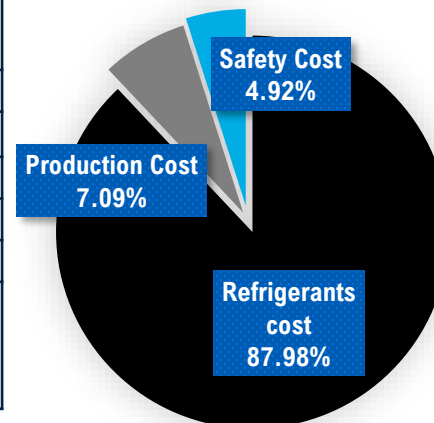
Phase	Intervening Sectors	I. Refrigerants cost	II. Production Cost	III. Safety Cost	Total NPV	IV.1 Carbon Shadow Cost-saving - Low Case	IV.2 Carbon Shadow Cost-saving - High Case	Total Carbon Reduction (MT)
Phase I (Max GWP 2,100)	Commercial Refrigeration	281,235,910	\$287,012,220.60	\$220,778,631.23	789,026,762	(2,681,180,214)	(5,362,360,427)	(137,512,747)
	Fire-fighting	1,435,305	\$0.00	\$0.00	1,435,305	(444,008,395)	(888,016,790)	(11,442,405)
	Foam - High Price of HFC-227ea	(194,119)	\$0.00	\$0.00	(194,119)	(5,551,922)	(11,103,845)	(142,353)
Phase II (Max GWP 2,000)	Chiller	43,854,425	\$26,239,083.30	\$17,492,722.20	87,586,230	(604,260,257)	(1,208,520,514)	(15,927,745)
Phase III (Max GWP 1,000)	Commercial Refrigeration	1,680,855,852	\$164,388,195.49	\$126,452,458.07	1,971,696,505	(920,907,233)	(1,841,814,467)	(59,204,594)
	Fire-fighting	5,828,331	\$0.00	\$0.00	5,828,331	(51,104,083)	(102,208,165)	(1,361,270)
	Foam	30,353,898	\$0.00	\$0.00	30,353,898	(302,193,928)	(604,387,856)	(8,049,798)
	Chiller	6,117,273	\$3,167,179.61	\$2,111,453.07	11,395,906	(604,260,257)	(1,208,520,514)	(15,927,745)
	MAC	3,451,946,130	\$0.00	\$0.00	3,451,946,130	(2,197,310,223)	(4,394,620,446)	(91,053,104)
	Domestic Refrigeration	1,236,395	\$14,182,179.65	\$10,909,368.96	26,327,944	(111,802,850)	(223,605,699)	(4,625,820)
	Aerosol	121,678	\$0.00	\$0.00	121,678	(4,332,843)	(8,665,687)	(180,409)
Phase IV (Max GWP 600)	A/C Units	46,946,433	\$57,281,316.12	\$38,187,544.08	142,415,293	(186,577,698)	(373,155,397)	(5,095,857)
	Foam	14,620	\$0.00	\$0.00	14,620	(113,913)	(227,826)	(3,089)
Total NPV		5,549,752,133	552,270,175	415,932,178	6,517,954,485	(8,113,603,817)	(16,227,207,633)	(350,526,936)
Cost Ratio		85.1%	8.5%	6.4%	100.0%	-124.5%	-249.0%	

Note: HFC-227ea = US\$11.66/kg (THB 380/kg)

2. Impact-Based Scenario

Controlled Period	Measures	Remark
2024 -2028	None	
2029 - 2034	Mobile A/C	HFC-134a= 0 by 2029
2035 - 2039	Chillers	R-410A replaced by R-32; else with GWP=0
	Comm. Refrig.	Maintained 10% for servicing; the rest with GWP <700
2040 - 2045	Unitarty A/C	Maintained 10% for servicing; the rest with GWP <150
2045	Unitarty A/C	GWP<150
	Chillers	
	Comm. Refrig.	

Impact-Based Scenario



Total Cost of Implementation

US\$ 14.36 Million

(THB 472,822 Million)

Total Carbon Reduction

675.0 Million TonCO₂e

Total Carbon Shadow Cost Saving 1.34-2.81 times
(Times of total Cost of Changes)

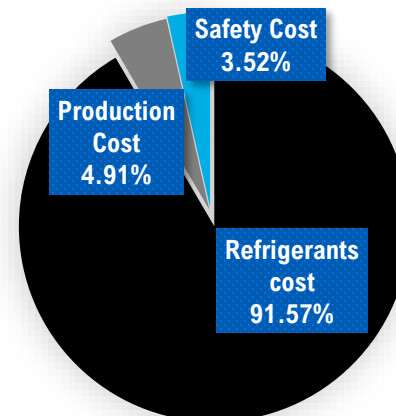
Phase	Intervening Sectors	I. Refrigerants cost	II. Production Cost	III. Safety Cost	Total NPV	IV.1 Carbon Shadow Cost-saving - Low Case	IV.2 Carbon Shadow Cost-saving - High Case	Total Carbon Reduction (MT)
Phase I	Mobile Air-Conditioning	9,790,969,731	\$0.00	\$0.00	9,790,969,731	(6,232,367,793)	(12,464,735,586)	(221,508,320)
Phase II	Chillers - R-32 cheaper than R-410A	(524,262,841)	\$407,879,595.70	\$271,919,730.47	155,536,485	(6,714,993,148)	(15,234,882,962)	(177,149,802)
	Commercial Refrigeration	3,026,024,549	\$270,534,609.91	\$208,103,546.08	3,504,662,705	(3,462,358,886)	(6,924,717,771)	(199,603,941)
Phase III	A/C Units	165,601,282	\$300,082,859.84	\$200,055,239.89	665,739,382	(2,494,800,333)	(4,989,600,666)	(66,975,698)
Phase IV	A/C Units	2,358,847	\$4,274,420.00	\$2,849,613.34	9,482,880	(37,484,233)	(74,968,466)	(1,023,779)
	Chillers	180,267,893	\$36,496,730.77	\$24,331,153.85	241,095,778	(320,055,577)	(751,763,735)	(8,741,439)
	Commercial Refrigeration - minimal changes	0	\$0.00	\$0.00	0	(0)	(0)	(0)
Total NPV		12,640,959,461	1,019,268,216	707,259,284	14,367,486,961	(19,262,059,969)	(40,440,669,186)	(675,002,979)
Cost Ratio		87.98%	7.09%	4.92%	100.00%	-134.07%	-281.47%	

Note: R-32 = US\$2.3/kg (THB 75/Kg)
R410A = US\$4.4/kg (THB 144/Kg)

3. Technology-Based Scenario

Technology-Based Scenario

Controlled Period	Measures	Remark
2024 -2028	None	
2029 - 2034	Mobile A/C	Maintained 10% of 2028 for servicing
2035 - 2039	Dom. & Comm. Ref	Maintained 10% of 2034 for servicing
2040 - 2044	Residential A/C	Maintained 45% of 2039
2045 Onwards	Residential A/C	only 3% of 2044 for servicing



Total Cost of Implementation

**US\$ 12.5 Million
(THB 409,000 Million)**

Total Carbon Reduction

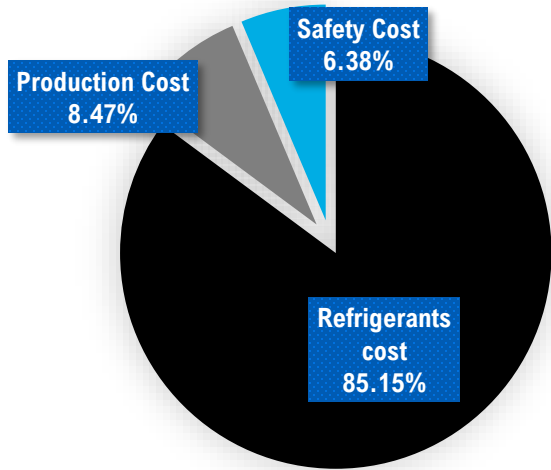
465.0 Million TonCO₂e

**Total Carbon Shadow Cost Saving 1.25-2.52 times
(Times of total Cost of Changes)**

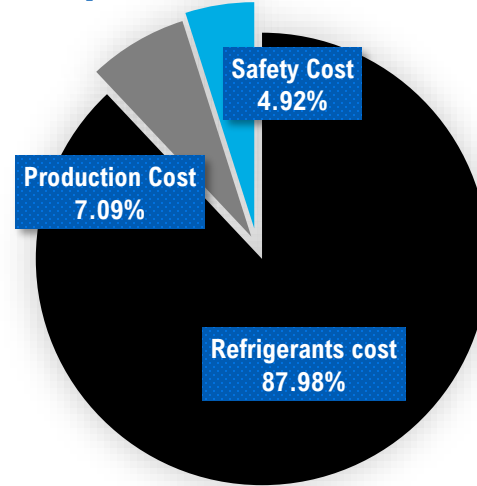
Phase	Intervening Sectors	I. Refrigerants cost	II. Production Cost	III. Safety Cost	Total NPV	IV.1 Carbon Shadow Cost-saving - Low Case	IV.2 Carbon Shadow Cost-saving - High Case	Total Carbon Reduction (MT)
Phase I	MAC	8,298,255,496	\$0.00	\$0.00	8,298,255,496	(5,282,191,826)	(10,564,383,653)	(188,432,329)
Phase II	Domestic Refrigeration	3,881,481	\$44,522,866.54	\$34,248,358.88	82,652,706	(350,988,598)	(955,015,577)	(12,318,184)
	Commercial Refrigeration	2,960,398,103	\$263,737,578.93	\$202,875,060.71	3,427,010,743	(7,412,936,008)	(14,825,872,016)	(196,225,582)
Phase III	A/C Units	165,601,282	\$300,082,859.84	\$200,055,239.89	665,739,382	(2,494,800,333)	(4,989,600,666)	(66,975,698)
Phase IV	A/C Units	2,358,847	\$4,274,420.00	\$2,849,613.34	9,482,880	(37,484,233)	(74,968,466)	(1,023,779)
Total NPV		11,430,495,208	612,617,725	440,028,273	12,483,141,206	(15,578,400,998)	(31,409,840,378)	(464,975,571)
Cost Ratio		91.6%	4.9%	3.5%	100.0%	-124.8%	-251.6%	

Scenario Summary

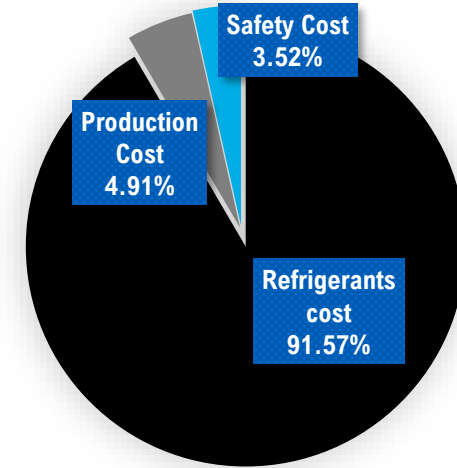
GWP-Based Scenario



Impact-Based Scenario



Technology-Based Scenario



Implementation of HFCs Phasedown Strategy	GWP-Based Scenario		Impact-Based Scenario		Technology-Based Scenario	
	NPV as of 2021	Ratio	NPV as of 2021	Ratio	NPV as of 2021	Ratio
I. Refrigerant Cost (Million US\$)	5,549.75	85.15%	12,640.96	87.98%	11,430.50	92.57%
II. Production Cost (Million US\$)	552.27	8.47%	1,019.26	7.09%	612.62	4.91%
III. Safety Cost (Million US\$)	415.93	6.38%	707.25	4.92%	440.04	3.52%
Total Cost of Implementation (Million US\$)	6,517.95 (THB 213,593 M)	100.00%	14,367.48 (THB 470,822 M)	100.00%	12,483.14 (THB 409,072 M)	100.00%
Carbon Shadow Cost-saving (Times)	1.25-2.50		1.34-2.81		1.25-2.52	
Total Carbon Reduction (Million Ton CO2e)	350.50		675.00		465.00	

Thanks to the impactful CO2 equivalent magnitude of HFCs, the cost of implementation of any proposed HFC Phasedown Scenarios, at least, **yield better cost saving ratio of 1.25-2.8 times**, comparing to other efforts/activities in achieving the carbon reduction target.

Cost of Not Ratify Kigali Amendment

Assumptions	Value
A/C Growth Rate	5.00%
Com Fridge Growth Rate	7.50%
MAC Growth Rate	4.10%
Discount Rate	3.00%
Exchange Rate (THB/US\$)**	32.77

**Source: Bank of Thailand as of 11/11/21

https://www.bot.or.th/english/_layouts/application/exchangerate/exchangerate.aspx

Export Value of the 3 main Sectors* (as of 2020)	Export Value (Million US\$)
A/C	144,836.62
Commercial Refrigeration	59,366.79
MAC	417,602.94

*Source: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ โดยความร่วมมือจากกรมศุลกากร

<http://tradereport.moc.go.th/Report/Default.aspx?Report=MenucomTopNRecode&Option=3&Lang=Th&ImExType=1>

Cost of Not Ratify KA (NPV Million US\$ as of 2021)	Total Export Values 2033-2045	Total Export Values 2033-2100
Total Export Value of A/C Sector	85,518.87	812,262.03
Total Export Value of Commercial Refrigeration	55,374.80	1,289,894.38
Total Export Value of MAC	29,710.75	212,523.60
Total Export Values of the 3 main sectors	170,604.42 (THB 5,590,796 M)	2,314,470.00 (THB 758,469,383 M)
Cost Ratio of Not Ratify Vs. Cost of Implementation HFCs Phasedown (Times)		
GWP-Based Scenario	26.28	355.09
Impact-Based Scenario	11.87	161.09
Technology-Based Scenario	13.75	185.41

In sum, **'doing nothing'** will leave Thailand lose the export revenues of the 3 main sectors – A/C, Com Fridge, MAC which, at least, amount to **more than 11 times** of the cost of implementation of the proposed HFCs Phasedown Strategy, hence, for such export-led country as Thailand, it's apparently worthwhile to ratify the Kigali Amendment.



ขอบพระคุณค่ะ
Thank You